中国与“一带一路”沿线国家科学合作态势与发展策略

梁帅　武晨箫　李正风

清华大学社会科学学院 北京 100084

摘要：[目的/意义]“一带一路”自 2013 年提出以来得到国际瞩目，也给我国与沿线国家的科学合作带来了新的发展机遇。[方法/过程]文章对 1978 年以来中国与“一带一路”沿线国家的科学论文合作进行科学计量学和文本分析，对我国与“一带一路”沿线国家及其学科和机构共三个合作层次进行计量和图谱分析。[结果/结论]研究发现（1）我国与沿线国家间合作逐渐由地理位置较近的相对先进国家，如新俄印等，逐渐转向中亚及欧洲地区、周边发展中国家；（2）学科间合作由物理学科转向电子电气工程、材料等学科为主，并且环境科学、生物医学及社会科学等成为新的合作热点；（3）国内以中科院和研究型大学为主，合作机构集中在新加坡、俄罗斯等国家的科研院校，与其他沿线国家机构合作相对较少。最后在此基础上，提出了我国加强与沿线国家科学合作的对策建议。

关键词：一带一路　科学合作　科学计量学　科学知识图谱

分类号：G359.1

1　问题的提出

习近平书记于 2013 年提出“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”（“一带一路”）倡议以来，我国与沿线国家的能源、经济和贸易等发展进一步提速。2015 年发布的《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》强调合作重点，不仅包括贸易、资金及设施间的互通，还提出要加强共建实验室、合作中心、技术转移中心等[1]，并在“十三五”科技规划中提出打造“一带一路”协同创新共同体的目标。2017 年 5 月 14 日在中国召开的“一带一路”高峰论坛，习近平总书记进一步指出要启动“一带一路”科技创新行动计划，加强科技人才的流动和交流，如在 5 年内安排 2500 人次青年科学家来华从事短期

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com；　武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

科研工作，培训 5000 人次科学技术和管理人员等。显然，“一带一路”已经成为科技合作、科技人才交流的重要纽带。

在经济全球化以及科技一体化的趋势下，国际科技合作是科技全球化的必然趋势，无论是“大科学”的发展，还是区域性、全球性复杂问题的解决，都离不开多国的科学组织和科研人员的合作。一方面现代科学与技术、产业的结合越发紧密，科学支撑引领技术创新、促进产业转型升级的作用越发明显，科学合作成为促进国家发展的重要驱动力。另一方面，基于沿线国家科研资源禀赋和比较优势，国家间合作可以实现人才、资源、设备与信息的共享，优化科研资源配置，所以促进中国与沿线国家的科学合作，能够提高科学研究的水平和效率，实现合作共赢。

目前，一些学者对于中国与“一带一路”国家的科学合作研究进行了初步研究，这些研究主要集中在科学合作论文的国家分布、学科分布、基金支持、论文质量等分析，对于中国与沿线国家合作的历史演进、学科发展等关注不够，缺少机构合作态势和网络的研究。本文利用科学计量与文本分析的方法，通过科学知识图谱对中国与“一带一路”间国家的科学合作产出——论文进行计量研究，深度挖掘中国与这些国家间科学合作的历史进程、合作学科演化和热点、机构合作态势等，有利于从宏观、中观和微观等层次掌握我国与沿线国家科学合作的历史进程和发展态势，为国家科技政策的制定提供参考。

2 研究述评

科学合作是国际间科技合作的重要方式，而科学合作的重要产出——论文，也成为衡量国家间科技合作的重要指标。科技合作是科学传播和知识交流的重要方式，也是促进国家经济和社会发展的重要途径。程如烟总结了我国从1978−2008 年 30 年的国际科技合作战略经历了恢复阶段、全面发展和互利共赢三个阶段，发展成现在全方位、多层次和宽领域的国际科技合作形式[2]。岳晓旭等测量了中国在国际科技合作中的主导地位，发现我国在主导地位和主导论文质量方面得到了提升，但是合作的深度和广度还有待提升，并且在国际科技合作率、合作国家数、主导论文被引频次等仍与日本存在一定差距[3]。王贤文等指出 95%

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com； 武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

的中国国际科学合作论文集中在 20 个国家，但是美国占据了超过 40%的份额，其中华裔科学家尤其在英语国家中扮演了重要角色[4]。除此之外，许多学者对我国与特定国家的科技合作进行了比较和研究，如金砖国家、日本、俄罗斯等。

国内学者对中国与“一带一路”国家间的科学合作研究刚刚开展，吴建南、杨若愚等发表了 3 篇中国与“一带一路”国家间科技合作态势、基于 NSFC 资助论文、与发达国家对比的研究，研究指出中国与“一带一路”国家的合作论文逐渐增多，但是无论是数量还是总被引频次都小于与发达国家的合作；合作学科较广，NSFC 资助的前 10 个学科是材料科学、应用物理学、电子工程等；与新俄印等国家的合作较多并有学科差异性；3 国及以上的多国合作论文被引频次相对较高，如中俄印、中以新等[5-7]。叶阳平等则对 29 个“一带一路”国家的合作专利和论文进行了综合比较，研究指出知识创新合作比技术创新合作更加活跃，论文数量是专利合作的 9 倍以上，技术合作集中在数字数据处理、半导体、无线通信等领域[8]。从中国学者担任合作论文的通讯作者看主导率的变化，2015 年已经超过 60%，相对 1980 年的 20%存在较大的进步，说明中国学者的主动性和话语权存在较大提高，但是在 3 国及以上的合作论文中，中国则属于从属地位，在高质量的国际合作论文中，中国学者的话语权尚不明显[9]。

总之，已有研究对我国从 1970 年代以来的科学合作情况进行了整体分析，这些研究以静态的方式展现了中国与沿线国家间的论文合作的国家、学科、质量、合作强度、多国合作等情况。本文从历史和动态的视角出发，通过图谱分析我国与“一带一路”国家间科学合作的时间进程、学科合作演化和热点、机构合作网络等，有利于从宏观、中观和微观等层次了解我国与沿线国家合作的历史进程和发展态势。

3 数据来源与研究方法

为全面掌握我国与“一带一路”国家间的科学合作情况，本文以科学研究的重要产出——论文作为研究对象。将 Web of Science 核心合集数据库作为数据来源，该数据库包括 SCI，SSCI，A&HCI，CPCI−S 等重要引文索引，是全世界目前公认最权威的科学技术文献索引工具。以“一带一路”沿线的 64 个国家为

作者简介：梁帅（ORCID： 0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com； 武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

分析对象，检索式为 CU=(PEOPLES R CHINA) AND CU=(ALBANIA OR AFGHANISTAN OR…….)，检索结果为 102013 篇论文，检索日期为 2017 年 5 月 18 日。

本文采用科学计量学和文本分析的方法进行数据挖掘，并通过科学知识图谱的方式予以分析和图示。科学计量学研究对象包括科学研究的产出，如论文和专利，该学科首要面对的便是科学领域爆炸式增长的“大数据”。科学计量学是指应用数理统计、计算技术等方法对科学活动的投入（人员、经费、产出、论文数量、被引频次等进行定量分析，从中找出科学活动规律的一门科学学分支学科。[10]而科学知识图谱（Mapping Knowledge Domains）是显示科学知识的发展进程与结构关系的一种图形，是以文献和科学计量为基础，以科学知识为计量对象，通过文本挖掘和复杂网络方法以可视化形式显示科学知识的发展进程与结构关系的一种图形，作为一种序列化的知识谱系，可以有效展示知识群之间的网络、结构、互动、交叉、演化或衍生等复杂的关系[11, 12]，相比较于传统的静态化的统计分析，科学知识图谱能够从宏观、动态、演变的视角来了解科学知识的结构和发展态势。在科学计量和分析过程中，根据研究的需要采用了 Citespace 和 VOSviewer 两种可视化图谱软件分析和图示。

4 中国与“一带一路”国家的科学合作分析

4.1 沿线国家间的科学合作

根据 Web of Science 的检索结果，中国与沿线国家的科学合作始于 1970 年代，但是直到 1983 年每年发表的论文才超过 10 篇，之后便经历了快速增长。首先根据中国与沿线国家之间的合作数量形成合作网络，分析沿线国家之间的合作态势，如下图 1，圆圈大小代表拥有合作论文数量，颜色代表着不同的聚类。

从合作数量上看，我国与沿线国家合作最多的国家是新加坡（32389），其次是俄罗斯（12135）和印度（11253），我国与这三国合作的论文共 52062 篇，占比达到 51%，这可能由于新俄印 3 个国家在沿线国家中处于相对先进国家行列，并且距离中国的地理位置较近的原因。从合作范围看，我国与“一带一路”沿线国家都有论文的合作，但是鉴于沿线各个国家科技实力的不平衡，我国与部分国

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com； 武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

家在科学领域的合作刚刚起步，尤其是周边国家如土库曼斯坦、老挝、马尔代夫等，合作论文数量均不超过 100 篇。从合作的子网络看，共形成 4 个国家合作聚类：（1）黄色聚类只有新加坡 1 个国家，凸显了该国在我国合作网络中的重要位置；（2）蓝色聚类主要指西亚国家，如埃及、伊朗、巴基斯坦、卡塔尔、斯里兰卡等（3）绿色聚类主要包括是东欧国家，如白俄罗斯、捷克、匈牙利、以色列、波兰、俄罗斯、塞尔维亚、土耳其等（4）红色聚类包括东南亚、南亚及周边国家，如印度、泰国、马来西亚、菲律宾等，从这些合作子网络中也可以看出我国与沿线国家的合作特点，即以新加坡为主，与俄罗斯、印度、沙特阿拉伯等较多，而与其他沿线国家的合作有待加强。

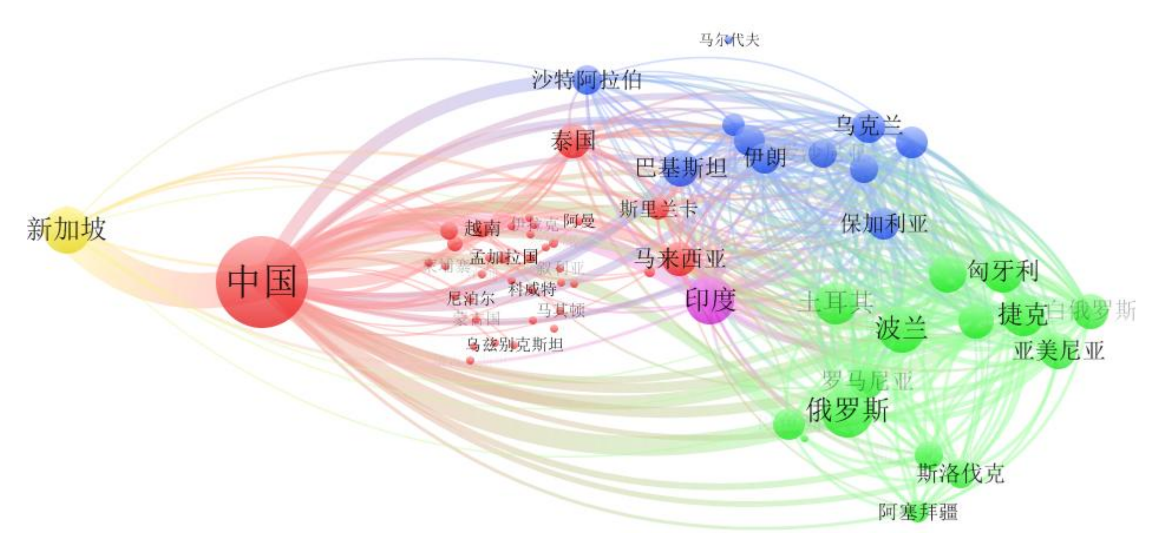


图 1 我国与“一带一路”沿线国家之间的科学合作网络

Figure 1 The scientific cooperation network between China and the OBOR countries

为展示中国与“一带一路”沿线国家科学合作的历史进程，由于 1983 年之前的年均论文数量不足 10 篇，所以在下图 2 中的可视化图谱中，我们将 1983–2016 年的论文文献按照 6 年的时间间隔是分为 6 个时间阶段，利用论文作者的国家信息进行共现分析，如下图 2。

从合作时间看，中国在 1980 年代初与新加坡、印度等国家开展科学合作，随着改革开放在 1990 年代的发展，中国国际科学合作网络则由俄罗斯、沙特阿拉伯、巴基斯坦、泰国逐渐扩展到土耳其、匈牙利等；21 世纪至今，不仅与埃及、立陶宛、塞尔维亚、卡塔尔等中亚及欧洲国家合作增多，合作网络还延伸至周边发展中国家，如缅甸、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦等。从近期的合作强度

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com； 武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

看，我国与中东及欧洲的国家合作较多，例如与塞尔维亚、卡塔尔等国际的合作开始时间较晚，但是这些科学合作主要集中在 2010 年之后，该时间段内发表的合作论文分别占 85%和 94%，是我国近几年内合作突增的沿线国家。

从历史的维度看，新加坡、印度和俄罗斯三国依旧是我国在“一带一路”中重要的科学合作伙伴，但是这三个国家参与的我国与沿线国家合作论文中的比重经历了倒 U 式发展，从 1980 年代的不到 20%，增加到 90 年代的 50%以上并在 2003-2004 年达到最高值 60%，之后一直下降到 2016 年的 46%。整体看，我国与沿线国家的科学合作基本是从周边先进国家开始，扩展到欧洲发达国家开始，然后再延伸至西亚及欧洲和周边发展中国家。

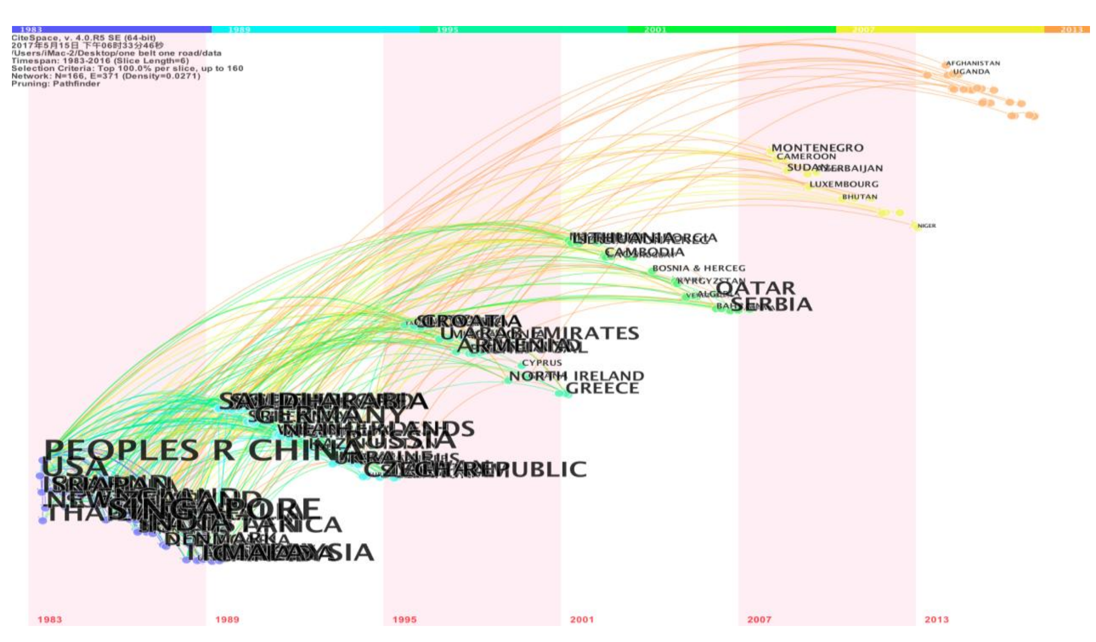


图 2 中国与沿线国家科学合作的历史进程

Figure 2 The historical course of scientific cooperation between China and the OBOR countries

值得注意的是，发达国家在我国与沿线国家的科学合作网络中扮演了重要角色，在 1980 年代，美国参与的我国与沿线国家的合作论文年均比重达到 41%，在 80 年代中后期英格兰、日本、法国、瑞典等发达国家也加入到合作行列中。在这些科学合作论文中，美、德、英、日等参与的合作论文分别有 23414、10880、9989 和 7983 篇论文，并且这些国家在沿线国家的合作中具有较高的中介中心性和影响力。

作者简介：梁帅（ORCID： 0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com； 武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

2016 年中国发表的 SCI 论文数量居世界第二位，是美国的 63.4%，但是在与“一带一路”国家的合作中，远远落后于美国，美国与沿线国家的科学合作论文在 2016 年为 48919 篇（不包括与中国合作），而中国仅为 16077 篇，仅为美国的 32.9%，这也说明我国与沿线国家的科学合作亟需加强。

4.2 沿线国家科学合作的学科演进

鉴于每个沿线国家的资源禀赋和学科特点，中国与“一带一路”国家科学合作的学科都有针对性，如中新合作集中在内科医学和交通工程，中以集中在农学，而中俄集中在地学等[9]。为从宏观和动态的视角分析中国与沿线国家的科学合作中研究主题的历史变化和热点，采用相对更加细分的 Web of Science 的学科分类体系。根据统计，学科的关键词频分析和知识图谱分析见下表 1 和图 3。

从学科的合作数量看，工程、物理和化学三大学科是科学合作的主要领域，也是众多发展领域的学科基础，其中电子电气工程（9719）、材料科学（8305）和应用物理（6455）等是合作的重点学科。物理是我国自然科学领域合作时间最早、合作数量最多的学科之一。在 21 世纪之前，物理领域的分支学科占据了学科 Top10 中的 6 个学科，如天体物理学、核物理、粒子物理以及凝聚态物理学等。其次工程和化学领域，如电气电子工程、跨学科化学、化学物理学等，其重要性也随着科学发展而逐渐凸显。

从学科的合作时间看，我国在 1980 年代与沿线国家的科学合作并不多，主要学科涉及物理、化学、材料等领域，论文数量较少。进入 90 年代后，合作学科的广度延伸至晶体学、电气电子工程、光学，以及生物科学等学科；2001 年之后，合作的广度扩展至纳米技术、计算机人工智能、能源燃料、肿瘤学等，论文的数量急剧增加。总之，在改革开放初期至 21 世纪末期，我国与沿线国家的合作基本以物理、材料为主，以点带面逐渐扩大合作广度，而进入 21 世纪之后，合作学科的逐渐扩展到战略性新兴产业和交叉学科，合作的广度和深度进一步加深，合作的数量也呈现指数式的增长。

表 1 中国与沿线国家科学合作学科关键词频表

Table 1 The key word frequency table of scientific cooperation disciplines between China and the OBOR countries

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com；　武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

1983-1990 (291 篇)	1991-2000 (3706 篇)	2001-2010 (28182 篇)	2011-2016 (64319 篇)
天体物理学(27)	天体物理学（344)	电气电子工程(2701)	电气电子工程(6429)
核物理(27)	核物理(340)	跨学科材料科学(1928)	跨学科材料科学(5467)
粒子物理(25)	粒子物理(338)	应用物理(1813)	应用物理(4043)
跨学科物理(22)	材料科学(300)	光学(1273)	跨学科化学(3548)
数学(18)	应用物理(261)	天体物理学（1261)	化学物理(3429)
凝聚态物理(18)	凝聚态物理(227)	跨学科物理(1258)	纳米技术(2579)
植物科学(18)	跨学科化学(211)	化学物理(1218)	跨学科科学(2534)
跨学科材料科学(17)	化学物理学(194)	粒子物理(1077)	光学(2318)
应用物理(15)	电气电子工程(193)	晶体学(1056)	粒子物理(2192)
农学(12)	晶体学(167)	数学应用(1022)	计算机&人工智能(2182)

我国与沿线国家的科学合作的学科演变和态势如下图 3 所示，图中黄色和红色直线代表着最近 10 年内科学合作的新兴领域。从学科的合作热点看，进入 21 世纪之后，随着学科细分和交叉化发展，合作学科的转变体现了科学发展的趋势，也反映了地区经济社会发展的需求：（1）环境科学领域，由传统的水资源保护转向绿色可持续发展、生物多样性保护、环境科学工程。（2）生物医学领域，由遗传学、细胞生物学、植物学等传统学科向遗传生物技术、应用微生物学、生殖生物学等，如生物化学和分析生物学（2546 篇）近 5 年发文的比重超过 50%。（3）医学领域，合作热点集中在神经系统、牙科学、外科、心血管、周围性血管疾病、生理学、动物学、内分泌学等学科。（4）社会科学领域，以经济学为主，一端通过运输、交通学科而与电信相联系，另一端与健康医疗与服务、商业、工商管理等交叉发展。除此之外，地理学向遥感技术、矿物学、地球化学和地球物理学的转变，以及仪表自动化及控制技术、机器人领域的合作等也是近期的合作热点。

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com；武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。



图 3 中国与“一带一路”国家科学合作学科图谱

Figure 3 The mapping knowledge domains of scientific cooperation disciplines between China and the OBOR countries

4. 3 中国与沿线国家的机构合作

研究型大学和科研院所是科学研究的主体，而机构合作作为科学合作的中观组织，是了解国家间科学合作的重要方面。为了解我国及沿线国家科研院校之间的科学合作情况，以最近 5 年的 2013−2017 年发表的合作论文（56299 篇）为分析对象，利用 VOSviewer 进行机构的共现图谱分析。数据结果显示发文量 Top500 的机构，其中沿线国家的机构数量为 177 家，占比 35.4%，非沿线国家机构数量为 323 家，而其中中国的机构仅为 46 家，反映了我国的科研机构在与沿线国家的科学合作中的积极性有待加强。如下图 4，只显示了沿线国家的合作机构，不同的颜色代表了不同的机构聚类。

首先从合作数量看，中国与沿线国家科学合作的机构中，中国科学院是我国合作论文最多的机构，5 年内共发表 9214 篇，其次是北京大学、上海交通大学、浙江大学和清华大学，发文数量均超过 2000 篇；国外参与合作的机构中，新加坡国立大学、南洋理工大学、俄罗斯科学院位列前三位，分别有 6991 篇、6834 篇和 3363 篇，是我国科研院校的主要合作机构。

作者简介：梁帅（ORCID： 0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com； 武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

从机构合作的聚类看，中国及沿线国家的合作聚类共有 5 个，其中中国机构参与较多的为绿色和蓝色聚类，（1）绿色聚类是最大的合作子网络：由中国科学院及国内高校，如清华大学、北京大学、香港大学等研究型大学组成，合作伙伴集中在在新加坡国立大学、南洋理工大学、俄罗斯科学院、阿卜杜拉国王科技大学等，学科聚焦在电气电子工程、材料、化学、物理等多个自然科学领域。（2）蓝色、黄色聚类包括中国科学院、中国科学技术大学、清华大学、上海交通大学等理工科院校与西亚、东欧国家的合作，如以色列特拉维夫大学和魏茨曼科学研究所，土耳其安卡拉大学，罗马尼亚物理与核工程研究所，阿塞拜疆科学院、捷克科学院等，这些合作主要集中在物理领域，如粒子物理、应用物理等、天体物理学等。（3）紫色、红色聚类中机构较为分散，涉及东欧、南亚、西亚等地区的机构，这些地区机构间合作较多，中国机构的参与较少，仅仅北京大学、清华大学、俄罗斯科学院等与该子网络存在较少合作。

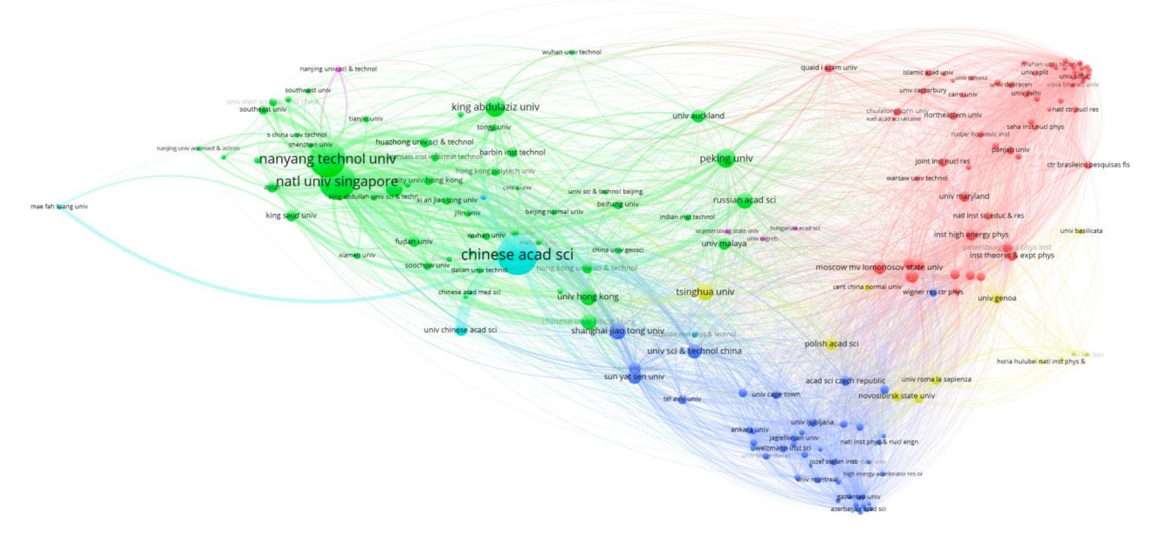


图 4　中国与沿线国家的机构间合作图谱（N=180）

Figure 4 The mapping knowledge domains of cooperative research institutes between China and the OBOR countries (N=180)

图 4 从宏观展现了我国及沿线国家机构间的合作情况，为从微观方面揭示我国主要科研机构的合作态势，图 5 展示了我国参与科学合作的子网络图，从下图 5 中分析得出，中国科学院的发文量最多，参与的国际合作强度最高，是我国参与沿线国家合作的最重要机构，集中在天文&天体物理学、粒子物理、核物理等

作者简介: 梁帅（ORCID： 0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com；　武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

物理学科，以及材料、环境科学等，合作对象主要分布在俄罗斯，如俄罗斯科学院、阿里哈诺夫理论实验物理研究所等；国内高校，如香港中文大学、浙江大学、北京大学、华中科技大学、复旦大学等，合作对象主要集中在新加坡国立大学和南阳理工大学；国内理工科院校的合作网络则集中在清华大学、上海交通大学、中山大学、中国科学技术大学等，与图 4 中的蓝色、黄色聚类中的机构，如波兰科学院、俄罗斯科学院等物理学领域研究机构合作较多。总之，国内参与沿线国家合作的机构不仅数量较少，并且合作的广度较小，局限在新加坡、俄罗斯、沙特阿拉伯等国家。

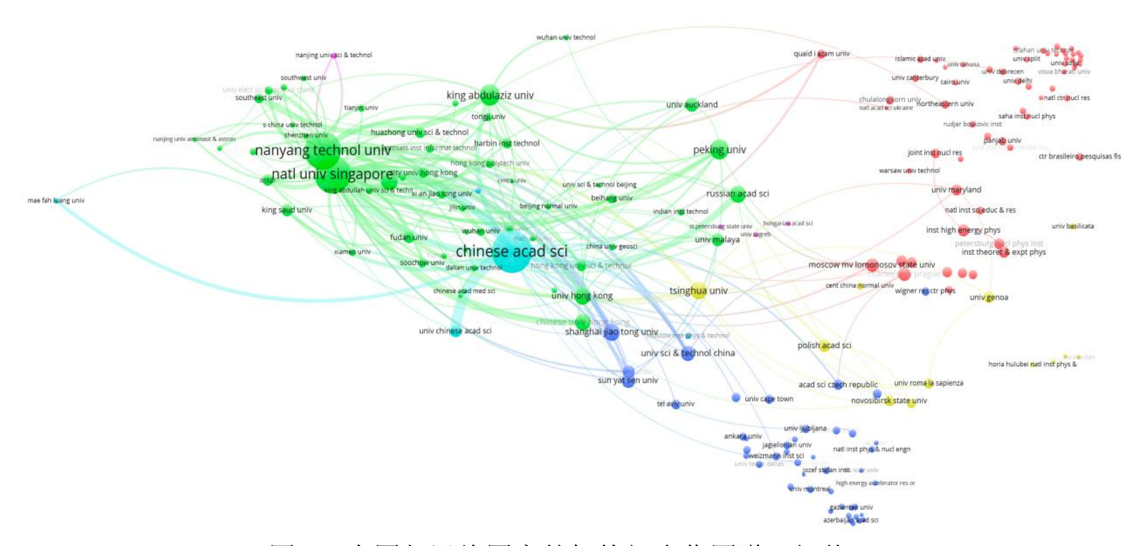


图 5　中国与沿线国家的机构间合作图谱（阈值 200）

Figure 5 The mapping knowledge domains of cooperative research institutes between China and the OBOR countries (Threshold=200)

5 结论与建议

（1）加强沿线国家间科学合作的深度和广度，提高科学合作的主动性和影响力。中国与“一带一路”沿线国家的合作从与周边先进国家或地区开始，逐渐转向中东及欧洲的国家和周边发展中国家。但是中国参与的科学论文中，发达国家及其机构的参与占据了重要位置，中国作为“一带一路”的倡导者，要在沿线国家科学合作中扮演重要角色，一方面我国政府要积极引导和推动国家或机构参与国际合作，针对国内发展需求和沿线国家的资源禀赋，实现优势互补，推动经贸和产业技术创新合作，服务于我国与沿线国家的经济和社会发展，实现合作共

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com；　武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

享、共建、共赢。二是加强与沿线的发展中国家合作，如土库曼斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、老挝、马尔代夫等相邻国家，逐步扩大我国在科学合作网络中的影响力，以此为基础促进与沿线国家的经济合作、贸易及文化等领域的交流和合作。

（2）科学合作过程中注重前瞻性、基础性和新兴学科，并推动相关的科技政策研究。由于我国在改革开放初期的科技实力较弱，在科技合作领域中注重自然科学技术领域的合作，以提高我国科学研究水平和加快科技人才培养。目前，随着我国科技实力和影响力的增强，要以学科合作为基础促进国内科学的发展和进步，一是要聚焦学科前沿，在沿线国家的优势学科领域内保持合作，除了物理、材料、化学等传统学科之外，要在新兴学科加强合作，如生物医学、航空航天、环境、人口健康等；二是要推动科技政策科学的研究，结合沿线国家间的经济、政治和文化现状，通过双边或多边的科技政策研究，促进沿线国家间科学合作水平和合作效率。

（3）我国参与沿线国家科学合作的高校院所较少，全面性及主动性需要提高。中国科学院在沿线国家的参与度最高，主要集中在新加坡、俄罗斯等国家的机构；不可否认的是，非沿线国家尤其是发达国家则在我国与沿线国家的合作网络中占据了重要位置，凸显了我国科研机构与沿线国家的机构间科学合作的不足。推动沿线国家机构间的合作，增强沿线国家在“一带一路”建设中的话语权和主动权，要以共建中心或联合研发中心等为引擎，促进机构间的多边和跨学科合作，扩大合作广度和深度，由传统的新加坡和俄罗斯等国家为主的合作网络逐步扩散至沙特阿拉伯、罗马尼亚、土耳其、马来西亚、泰国等国家的机构。

（4）促进中国与沿线国家的科技人才流动，实现科技人才的“引进来”和“走出去”。科技人才是科学知识流动的载体，是科技人才的国际流动促进了合作网络形成，而不是相反[13]，所以促进科技人才在中国与沿线国家之间的流动，以此为纽带促进中国与沿线国家在科技、政治、经济和文化等方面的交流，一方面要“引进来”，通过鼓励沿线国家留学生、博士或者高层次人才来华学习、培训、兼职或者工作，促进国家之间的相互了解，提高科学合作水平。另一方面要鼓励“走出去”，了解沿线国家的科技现状及文化，不仅可以跟踪聚焦“一带一

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com；武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

路”发展中的问题，还能够促进科学技术传播和产业技术转移，培养具有国际视野的高端人才，助力国家的“一带一路”发展。

参考文献

[1] 中华人民共和国国务院. 推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动[EB/OL]. [2017-11-20]. http://www.gov.cn/xinwen/2015-03/28/content_2839723.htm. 2015-3-28/2017-7-1.

[2] 程如烟. 30年来中国国际科技合作战略和政策演变[J]. 中国科技论坛. 2008(07): 7-11.

[3] 岳晓旭，袁军鹏，潘云涛，等. 中国国际科技合作主导地位变迁和效度分析[J]. 科学学与科学技术管理. 2016(01): 3-13.

[4] Wang X, Xu S, Wang Z, et al. International scientific collaboration of China: collaborating countries, institutions and individuals[J]. SCIENTOMETRICS. 2013, 95(3): 885-894.

[5] 吴建南，杨若愚. 中国与“一带一路”国家的科技合作态势研究[J]. 科学学与科学技术管理. 2016(01): 14-20.

[6] 吴建南，杨若愚，郑长旭. 中国与发达国家及“一带一路”国家科技合作态势对比分析[J]. 情报杂志. 2015(11): 79-83.

[7] 吴建南，郑长旭，姬晴晴. “一带一路”战略实施与国际科技合作创新——基于NSFC资助论文的分析[J]. 情报杂志. 2016(04): 32-36.

[8] 叶阳平，马文聪，张光宇. 中国与“一带一路”沿线国家科技合作现状研究——基于专利和论文的比较分析[J]. 图书情报知识. 2016(04): 60-68.

[9] 王友发，罗建强，周献中. 近40年来中国与“一带一路”国家科技合作态势演变分析[J]. 科技进步与对策. 2016(24): 1-8.

[10] 侯海燕，刘则渊，栾春娟. 基于知识图谱的国际科学计量学研究前沿计量分析[J]. 科研管理. 2009(01): 164-170.

[11] 刘则渊，陈悦. 科学知识图谱：方法与应用[M]. 北京：人民出版社, 2008:1-5.

[12] 陈悦，刘则渊. 悄然兴起的科学知识图谱[J]. 科学学研究. 2005(02): 149-154.

[13] Kato M, Ando A. National ties of international scientific collaboration and researcher mobility found in Nature and Science[J]. SCIENTOMETRICS. 2017, 110(2): 673-694.

作者贡献说明：

梁帅：数据收集与分析，撰写初稿与修改论文；

武晨箫：文献调研，定性结果讨论；

李正风：提出问题和研究思路、修改论文并定稿。

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com； 武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。

Research on the Situation and the Development Strategy of the Scientific Collaboration Among China and Countries in the "One Belt and One Road" Initiative

Liang Shuai Wu Chenxiao Li Zhengfeng
School of Social Sciences, Tsinghua University, Beijing 100084

Abstract: [Purpose/significance] The "One Belt And One Road" (OBOR) has got international attention since it was put forward in 2013, bringing new opportunities for the development between China and countries along the OBOR in scientific cooperation. **[Method/process]** We used the method of scientometrics, and analyzed the scientific collaboration papers between China and countries along the OBOR published since 1978. **[Result/conclusion]** It is found that: (1) characteristics of the scientific cooperation between China and the OBOR countries have changed gradually from the neighboring advanced countries, such as Singapore, Russia, India and so on, to Central Asia, Europe and developing countries with a relatively close geographical position; (2) cooperation among disciplines, at first, focused on the electrical engineering, materials, etc., but the environmental science, biomedical and social sciences have gradually been hot cooperative research fields; (3) scientific research institutions, Chinese Academy of Sciences and research universities are the most representative in China, their partnerships are concentrated in research institutions in Singapore and Russia, but they lack cooperation with other OBOR countries. Finally. based on the study above, this paper puts forward some development strategies for the scientific cooperation between China and the OBOR countries.

Keywords: One Belt and One Road scientific collaboration scientometrics mappingknowledge domain
收稿日期：2017-11-17 修回日期：2017-12-10 本文责任编辑：唐果媛

作者简介：梁帅（ORCID：0000-0002-2676-7678），山东潍坊人，清华大学科技与社会研究所博士研究生，E-mail：liangshuai822@163.com； 武晨箫（ORCID：0000-0003-0504-1082），清华大学科技与社会研究所博士研究生；李正风（ORCID：0000-0002-4778-678X），清华大学社会科学学院副院长，科技与社会研究所教授，中国发展战略学研究会副理事长，中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心主任，清华大学创新发展研究院特聘研究员，清华大学一带一路研究院副院长。